Université Mohammed V
Faculté des sciences
Département de physique

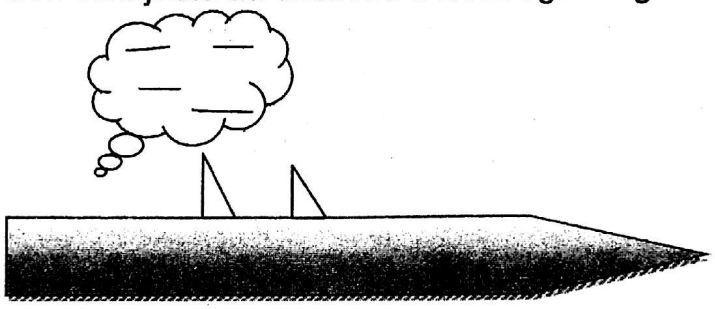
Année universitaire 2016-2017
SMIA-S2

Série n°1 d'électrostatique

Charges électrostatiques, symétries et invariances de la distribution de charges

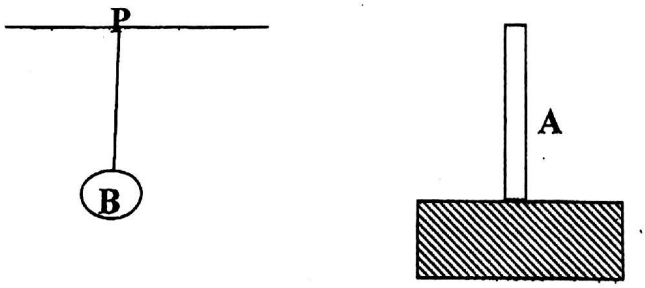
I. 1) Que se passe –t-il lorsqu'on frotte un bâton de polyéthylène avec un tissu.
2) On pose un disque métallique neutre, possédant un support isolant, sur le bâton de polyéthylène chargé. Expliquer le phénomène observé et faites un schéma.
3) On touche le disque D avec le doigt. Expliquer le phénomène observé . Faire un schéma.
4) que se passe-t-il lorsqu'on enlève le doigt
5) On enlève le disque. Expliquer et conclure.

II. Un avion vole juste au dessous d'un nuage orageux chargé négativement.



1) Que se passe-t-il pour l'avion
2) Représenter le phénomène observé
3) Que se passe-t-il lorsque l'avion s'éloigne du nuage.

III. Soient deux conducteurs A et B. A est monté sur un support isolant et B, plus léger, est suspendu par un fil au point P.



1) A est alors chargé positivement, que se passe-t-il pour B. Refaire le schéma et monter la nouvelle position d'équilibre de B.
2) Une charge positive libre, portée par une sphère petite et légère, est placée entre A chargée et B. Dans quelle direction la sphère va-t-elle se déplacer, justifier votre réponse.

IV. Electroscope

A) Test pour trouver le signe de la charge d'un objet

Soit électroscope (voir figure) chargé négativement où la feuille d'or diverge de 45° par rapport à la tige métallique.

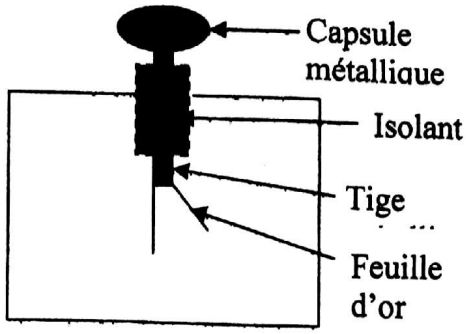
Scanned by CamScanner

1) Que se passe-t-il lorsqu'on approche de la capsule de l'électroscope :

a) un bâton de polyéthylène chargé négativement ?

b) un bâton de plexiglas chargé positivement ?

2) Que se passe-t-il si on touche la capsule avec la main ?



B) Charger un électroscope

Donner une méthode pour charger un électroscope

1) directement

2) Par phénomène d'influence

V. Dans un climat sec, quand un conducteur touche la porte de sa voiture, il peut recevoir un choc électrique au moment où son pied touche le sol.

1) Expliquer comment ceci a lieu
2) Pourquoi ceci n'a pas lieu lorsque le climat est humide
3) Certaines personnes fixent une chaîne métallique à leur voiture de telle sorte que la chaîne traîne sur la route. Comment ceci peut il empêcher les chocs électriques ?

VI. On considère :

- les coordonnées cartésiennes de vecteurs unitaires $\vec{i}, \vec{j}$ et $\vec{k}$,
- les coordonnées polaires de vecteurs unitaires $\vec{e}_\rho$ et $\vec{e}_\theta$
- les coordonnées cylindriques de vecteurs unitaires $\vec{e}_\rho, \vec{e}_\theta$ et $\vec{e}_z = \vec{k}$
- les coordonnées sphériques de vecteurs unitaires $\vec{e}_r, \vec{e}_\theta$ et $\vec{e}_\varphi$

Exprimer pour chaque cas de coordonnées (polaires, cylindriques et sphériques) les vecteurs unitaires en fonction de $\vec{i}, \vec{j}$ et $\vec{k}$ et calculer la dérivée de chaque vecteur unitaire.

VII. Soit une sphère, de centre 0 et de rayon R, portant une distribution volumique de charge de densité uniforme ρ.

a) déterminer la charge totale Q_1 portée par la sphère.

b) Déterminer les symétries et invariances de cette distribution de charge.

VIII. soit un cylindre creux d'axe OZ, de hauteur h et de rayon R, portant une distribution de charges surfacique uniforme de densité σ sur sa paroi latérale. Un fil F d'axe OZ et de longueur h, portant une distribution linéique de charge de densité uniforme λ, est placé à l'intérieur du cylindre.

a) déterminer la charge totale de système (cylindre +fil).

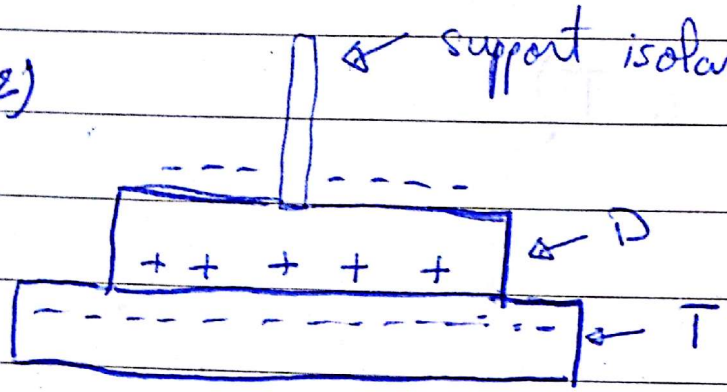
b) déterminer les plans et axes de symétries de cette distribution de charges ainsi que ses invariances.

c) en supposant h tendant vers l'infini, déterminer les plans et axes de symétries de cette distribution de charges ainsi que ses invariances.

Scanned by CamScanner

I) 1) Le polyéthylène se charge négativement.

2)



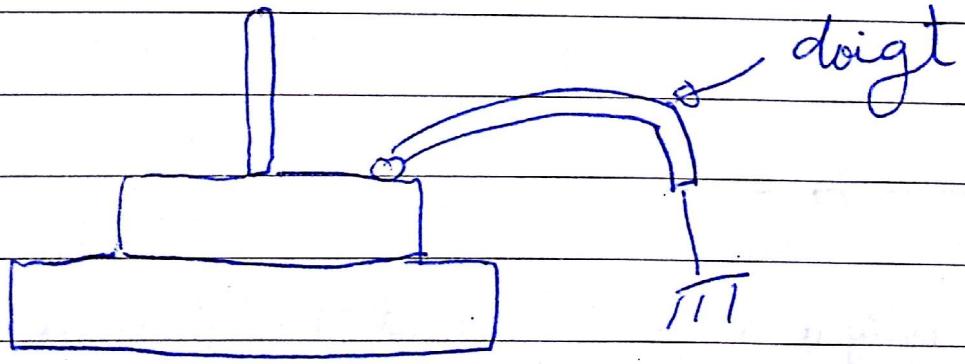
Les $\bar{e}$ du disque D sont repoussés par les charges ⊖ de T et les charges ⊕ attirées par les charges ⊖ de T.

⇒ il y a des charges induites sur D.

charges ⊖ sur la face extérieure

charges ⊕ sur la face intérieure de D.

3)



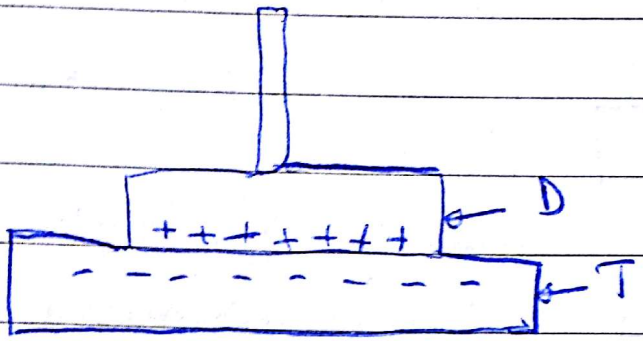
Le doigt est un conducteur et les électrons $\bar{e}$ (charges ⊖) vont se rediriger vers la terre.

Scanned by CamScanner

Les charges ⊕ reste sur le disque D

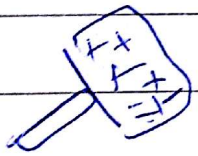
(attirés par les charges ⊖ de T)

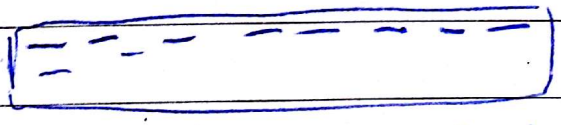
4)



Lorsqu'on [redacted] enlève le doigt, D restera chargé ⊕ car D est isolé, les ē ne peuvent plus retourner sur D.

5/





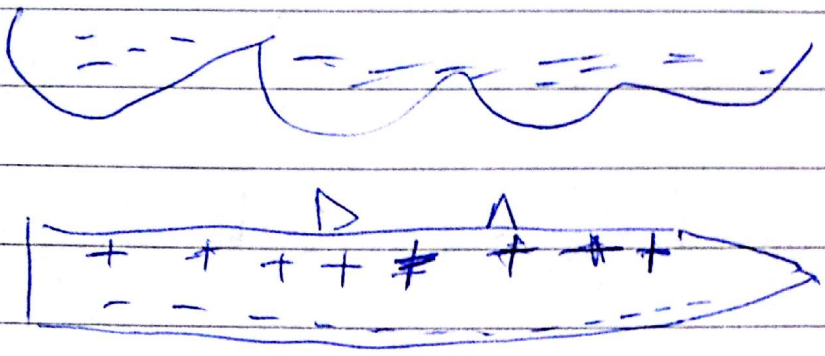
On sépare le disque D de l'isolant T, D reste chargé et T n'a perdu aucune charge.

ACCU-CHEK®

Scanned by CamScanner

II - 1) des charges induites sur l'avion (voir précédent)

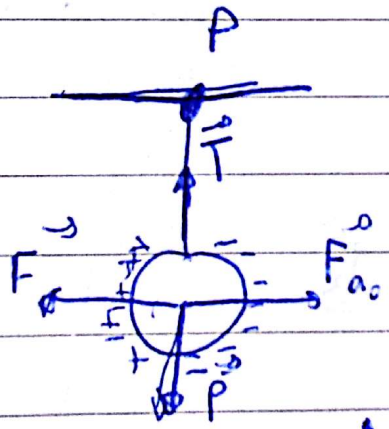
2)

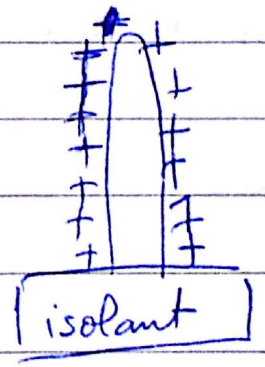


3) Les charges ⊖ neutralisent les charges ⊕

l'avion redevient neutre car le nuage qui a donné le phénomène d'influence est maintenant loin.

III - 1 -





il y a phénomène d'influence :

charges ⊕ et ⊖ apparaissent sur B :

les ⊕ le plus possible les ⊖ le plus proche possible

ACCU-CHEK®
Scanned by CamScanner

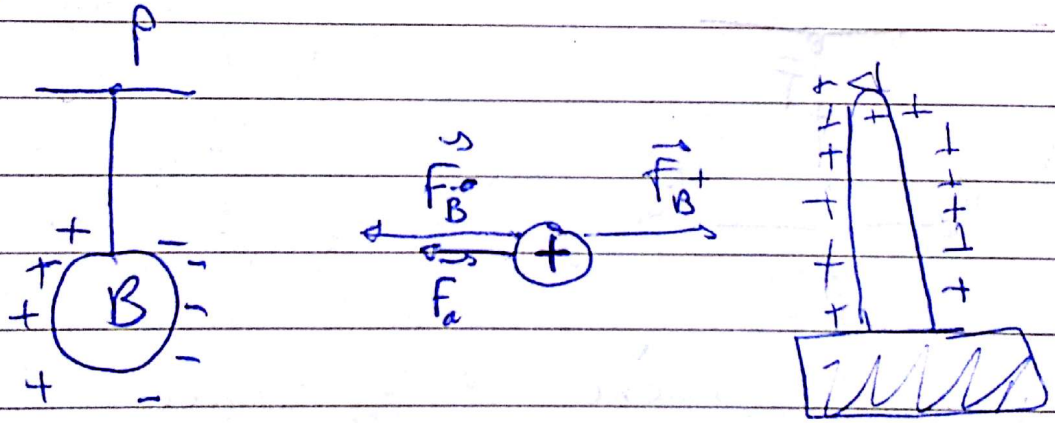
$\sum \vec{F} \overset{?}{=} 0$

$\vec{F_r} + \vec{F_a} \overset{?}{=} 0$

Le nbr de charges ⊕ = nbr de charges ⊖

les ⊕ pousse B le plus loin possible et les ⊖ attirent B le plus proche possible donc il y a neutralisation des forces et restera en position d'équilibre verticale.

2)

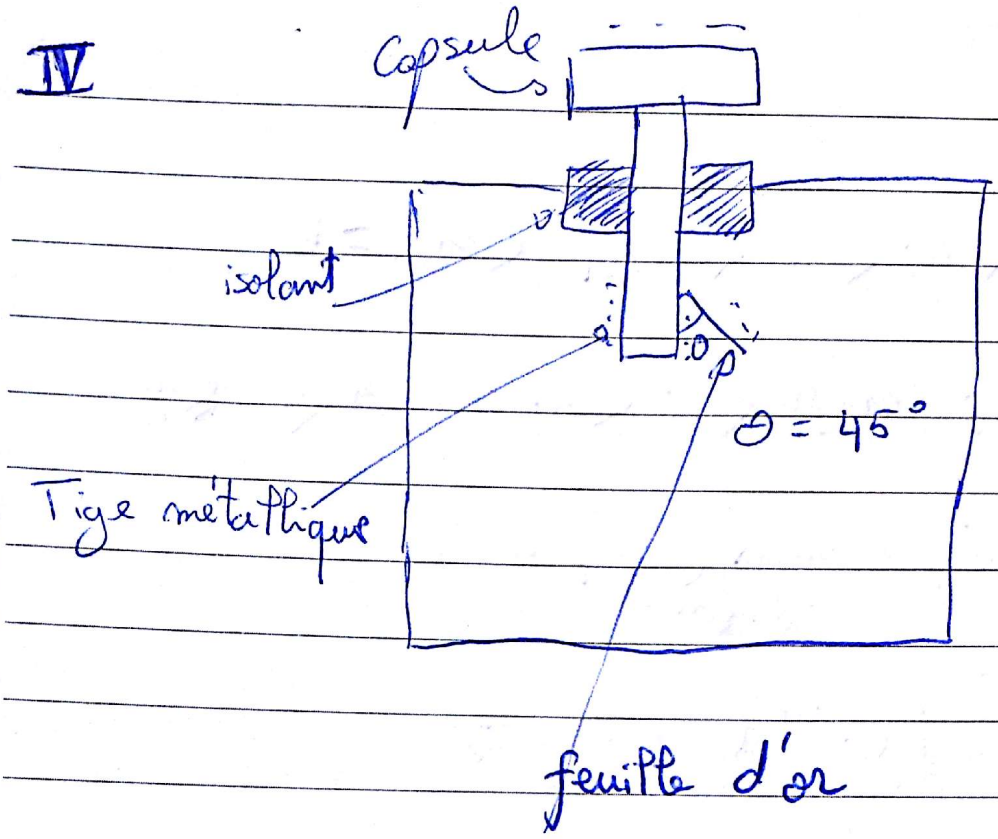


La sphère chargée positivement va s'éloigner de A car A est chargé positivement ⊕ et B est neutre (charge ⊕ = charge ⊖)

ACCU-CHEK®

Scanned by CamScanner

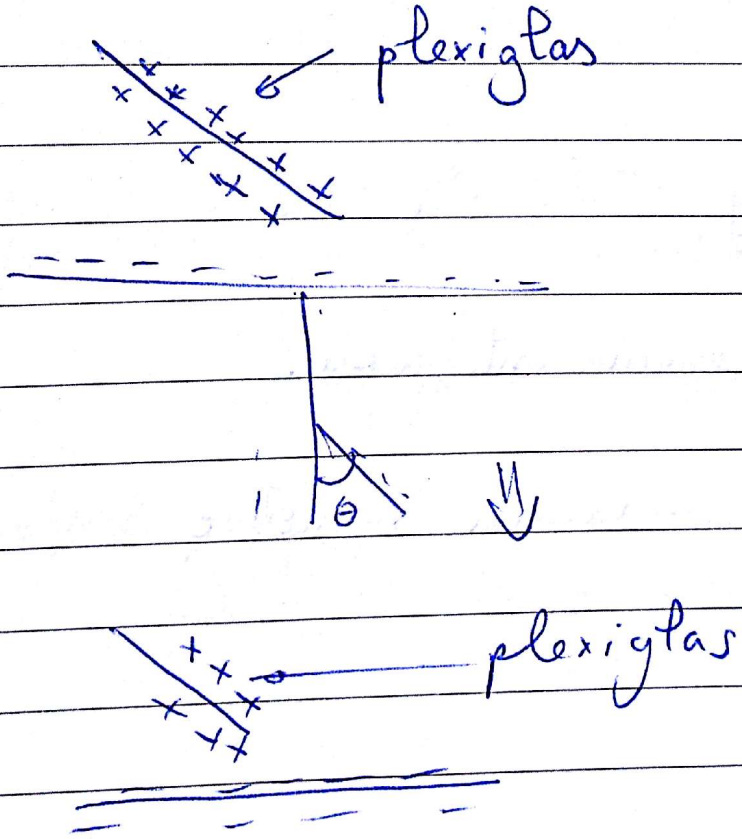
IV



a) toutes les charges ⊖ s'éloignent le plus possible

Pa divergence de la feuille augmente.

b)



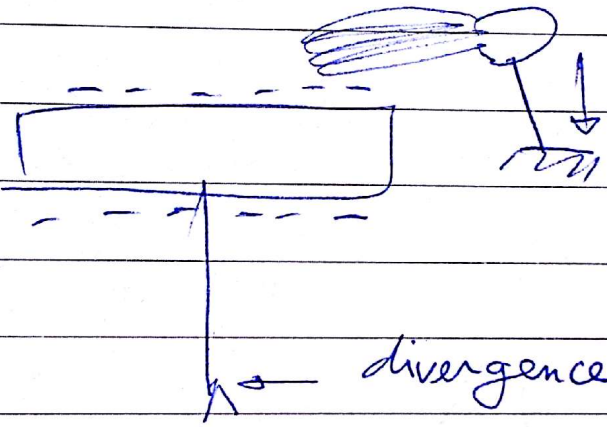
ACCU-CHEK®

Scanned by CamScanner

Les charges ⊖ sont attirées vers la capsule métallique. et la divergence de la feuille diminue.

Rq:

Un objet chargé est rapproché de la capsule chargées ⊖, si la divergence augmente, l'objet est chargé ⊖. si au contraire l'objet est chargé ⊕



les e⁻ de l'électroscope se retrouvent tous sur la capsule.

B) Charger un électroscope:

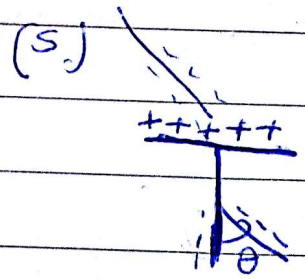
1) Directement:

En cognant (frappant) la capsule de l'électroscope par le bâton de polyéthylène chargé ⊖, les e⁻ peuvent se détacher du bâton et tomber sur la capsule.

ACCU-CHEK®

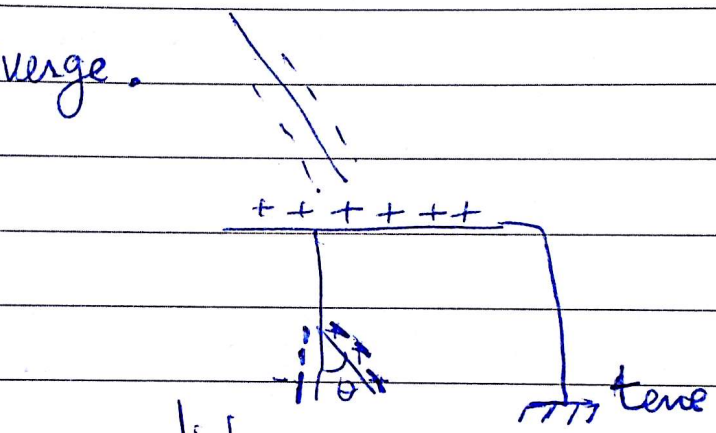
Scanned by CamScanner

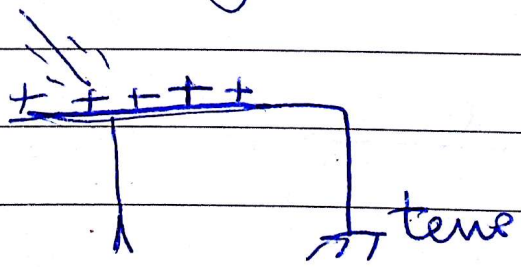
2) Par phénomène d'influence:



On approche un bâton (S) chargé négativement (−)

les e⁻ s'éloignent de S vers la tige et la feuille d'or qui diverge.



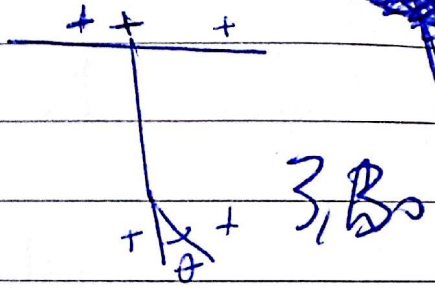


On touche la capsule avec le doigt: les e⁻ vont vers la terre.

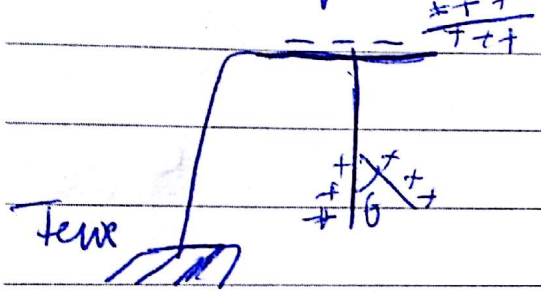
ACCU-CHEK®

Scanned by CamScanner

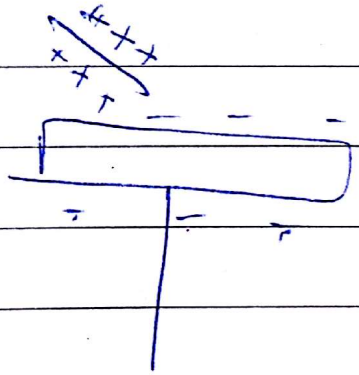
* On enlève (S)



Les charges positives ⊕ se répartissent sur les parties métalliques et la feuille d'or. L'électroscope se charge ⊕



Les e^- viennent de la terre pour neutraliser la charge ⊕ de la tige et de la feuille.



* On retire le bâton

ACCU-CHEK®

Scanned by CamScanner

IV - Lorsque la voiture roule sur la route, le frottement des roues contre la route fait que des charges apparaissent sur les parties métalliques (portière, capsule ...)

a) Lorsque le climat est sec, l'air est non conducteur donc la voiture restera chargée et lorsque le conducteur touche la portière et met le pied sur le sol, il conduit les charges entre la portière et le sol : il reçoit ~~sur~~ choc électrique

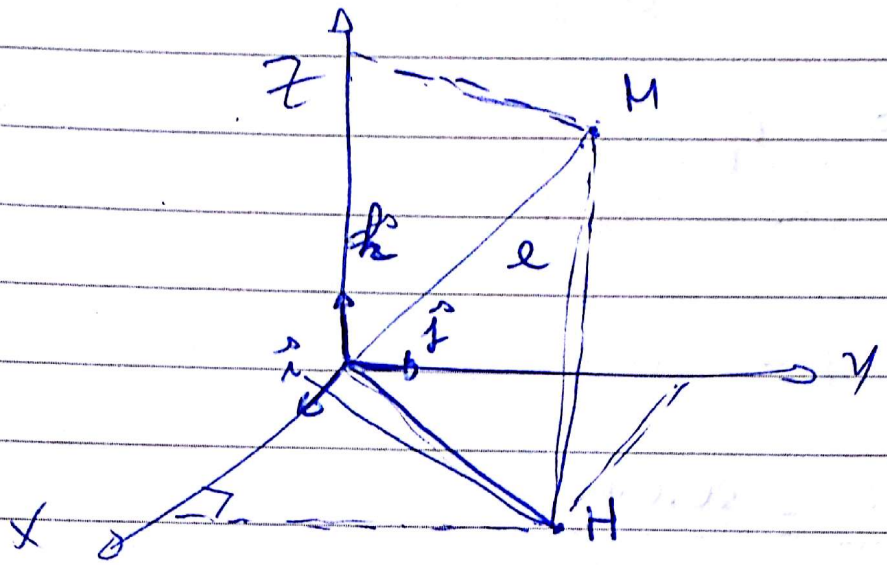
b) Lorsque le climat est humide, l'air contient de l'eau et devient conducteur donc il permet à la voiture de se décharger

ACCU-CHEK®

Scanned by CamScanner

c) La chaine métallique relie la voiture à la terre et permet aux charges de quitter la voiture.

* coord. cartésiennes



On définit le point M par ses coord. cartésiennes x, y et z

valeurs unitaires:

$\vec{i}$, $\vec{j}$ et $\vec{k}$ sont constants.

$$\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

* coord. polaires:

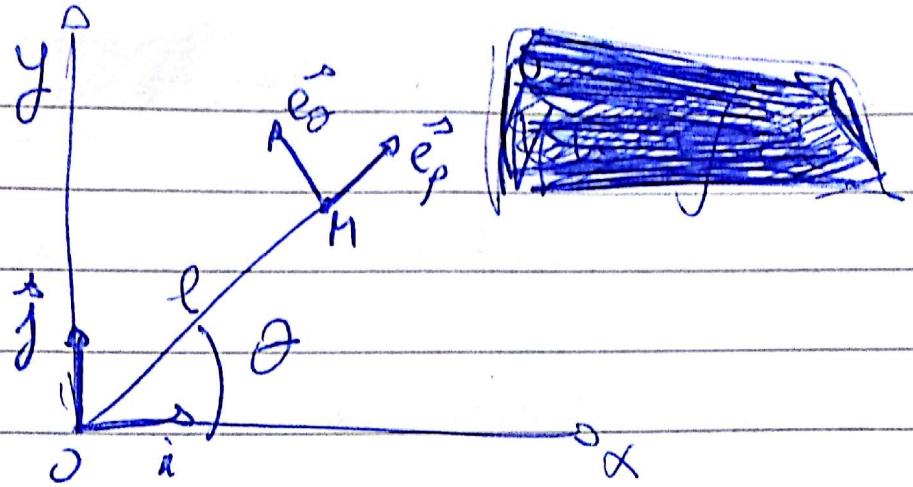
On définit M par ses coord. polaires (ρ, θ)

θ : angle entre X et $\vec{OH}$.

ρ : module de $\vec{OH}$

ACCU-CHEK®
Scanned by CamScanner

vecteurs unitaires $\vec{e_\rho}$, $\vec{e_\theta}$



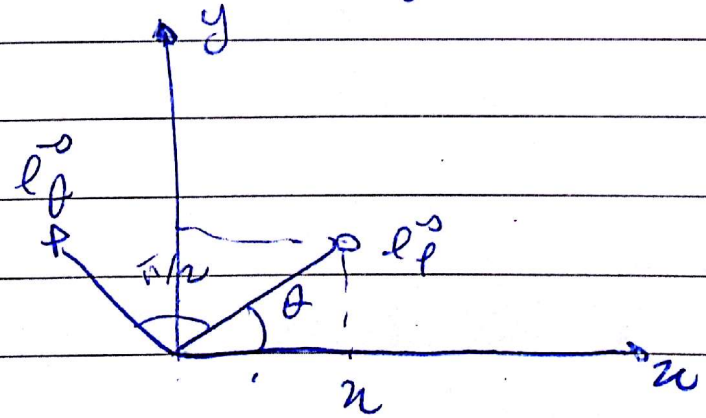
$$\vec{OM} = \rho \vec{e_\rho}$$

$$\begin{cases} x = \rho \cos\theta \\ y = \rho \sin\theta \end{cases}$$

$$\vec{e_\rho} = \frac{\vec{ON}}{\rho} = \frac{x\vec{i} + y\vec{j}}{\rho}$$

$$\vec{e_\rho} = \frac{\rho\cos\theta\,\vec{i} + \rho\sin\theta\,\vec{j}}{\rho}$$

$$\vec{e_\rho} = \cos\theta\,\vec{i} + \sin\theta\,\vec{j}$$



$$\begin{cases} \vec{e_\rho} = x\vec{i} + y\vec{j} \\ \vec{e_\theta} = -x\vec{i} + y\vec{j} \end{cases}$$

Scanned by CamScanner

$$\begin{cases} \vec{e_\rho} = \cos\theta\,\hat{i} + \sin\theta\,\hat{j} \\ \vec{e_\theta} = -\cos\theta\,\hat{i} + \cos\theta\,\hat{j} \end{cases}$$

$$\vec{e_\rho} = \cos\theta\,\hat{i} + \cos\left(\pi/2 - \theta\right)\hat{j}$$

$$\vec{e_\theta} = \cos\left(\pi/2 + \theta\right)\hat{i} + \sin\theta\,\hat{j}$$

$$\vec{e_\rho} = \cos\theta\,\hat{i} + \sin\theta\,\hat{j}$$

$$\vec{e_\theta} = -\sin\theta\,\hat{i} + \cos\theta\,\hat{j}$$

$$\vec{e_\rho} \cdot \vec{e_\theta} = 0$$

$$\vec{e_\rho} \perp \vec{e_\theta}$$

Scanned by CamScanner